

## 1.2 物質の磁化

### 1.2.1 磁性体と磁化

前項で述べたように、電流の流れているコイルはその周辺に磁界を作り出す。この働きは、磁性材料も同じである。このことは逆に、磁性材料の内部には電流が流れているコイルと同じ働きをするものが存在するということである。この働きをするものが磁気モーメント (magnetic moment) であり、磁気モーメントを持つ材料を磁性体と呼ぶ。磁気モーメントは  $[\text{Wb} \cdot \text{m}]$  の次元を持つベクトル量であり、単位体積当りの磁気モーメントを磁化 (magnetization) または磁気分極 (magnetic polarization) といい、 $J$  で表す。単位は  $[\text{Wb}/\text{m}^2] = [\text{T}]$  である。磁化は磁気モーメントと同様にベクトル量であり、その向きは磁化した部分を切り出して孤立させたときに生じる S 極(一極)から N 極(+極)へ向かう方向である。

TRANS.  
PART A

物質の磁化の方向は、一般に外部から印加した磁界の方向と大きさにより変化する。永久磁石材料は内部の磁気モーメントの向きが印加磁界方向に向きにくい材料であり、そのため磁化方向と逆向きの磁界中に置かれると材料自身が回転してしまうこともある。方位磁針が磁界中で回転するのはまさにこの現象によるものである。このように磁化の向きが変化しにくい材料を硬質磁性材料 (hard magnetic material) という。また磁気モーメントの向きがきわめて回転しやすい材料は、軟質磁性材料 (soft magnetic material) と呼ぶ。それぞれの材料の詳細については 3 章および 4 章で学ぶ。

一方、磁化された磁性体内部には磁束 (flux) が生じている。特に単位断面積当りの磁束量は磁束密度 (magnetic flux density) と呼ばれ、 $B$   $[\text{T}]$  で表される。磁束密度  $B$   $[\text{T}]$  と磁化  $J$   $[\text{T}]$ 、磁界  $H$   $[\text{A}/\text{m}]$  の間には

$$B = J + \mu_0 H \quad (1.16)$$

なる関係がある。ここで  $\mu_0$  は磁気定数 (magnetic constant) と呼ばれる定数で、真空の透磁率と同じ値を持ち

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \quad [\text{H}/\text{m}] \quad (1.17)$$

である。

### 1.2.2 静磁エネルギー

図 1.9 に示すように磁化  $J$  の向きがそろった磁性体において、材料の内部では隣り合う磁気モーメントの N 極と S 極とが打ち消しあうが、材料両端部では N 極および S 極の磁極 (magnetic pole) が表面に現れる。このように磁極が材料表面または結晶粒界などに現れることにより、磁極間に作用するクーロン力 (Coulomb force) のためエネルギーが増加する。このエネルギーを静磁エネルギー (magnetostatic energy) という。

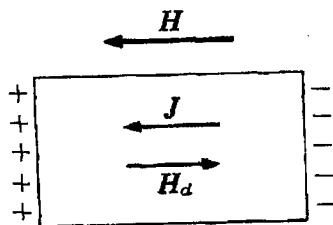


図 1.9 磁極の発生と反磁界

磁気に関するエネルギーの中で静磁エネルギーは一般的に、後述の異方性エネルギー (magnetic anisotropy energy) と同程度の大きさを有するため、磁気特性に大きな影響を及ぼす。特に磁区構造 (magnetic domain structure) の決定には大きな支配力を持つため、磁区構造を制御する場合には静磁エネルギーの評価が不可欠となる。

### 1.2.3 ヒステリシス

磁性体に磁界を印加して、磁気モーメントの方向を1方向にそろえることを“磁化する”という。磁化と磁界の関係調べることは磁性体の特性を調べる上で最も重要な点の一つである。磁性体の磁化特性は一般的に非可逆的であり、かつ曲線的に変化する。図 1.10 に代表的な特性を示す。このような非

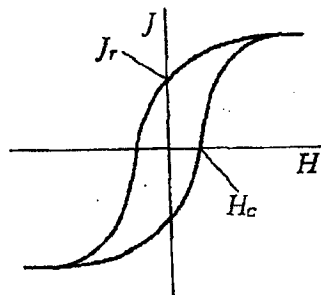


図 1.10 ヒステリシス曲線

Attached:

## Partial Translations of Document 1

### TRANS. PART A:

“Like the magnetic moment, magnetization is a vector quantity, with a direction oriented from S (-) to N (+) poles that appear when the magnetized part is cut out and isolated.”

### TRANS. PART B:

“As shown in Fig. 1.9, in a magnetic substance having a uniform direction of magnetization  $J$ , while N and S poles of adjacent magnetic moments cancel to each other in the inside of the material, at both ends of the material, the N and S magnetic poles respectively appear on surfaces thereof, respectively.”

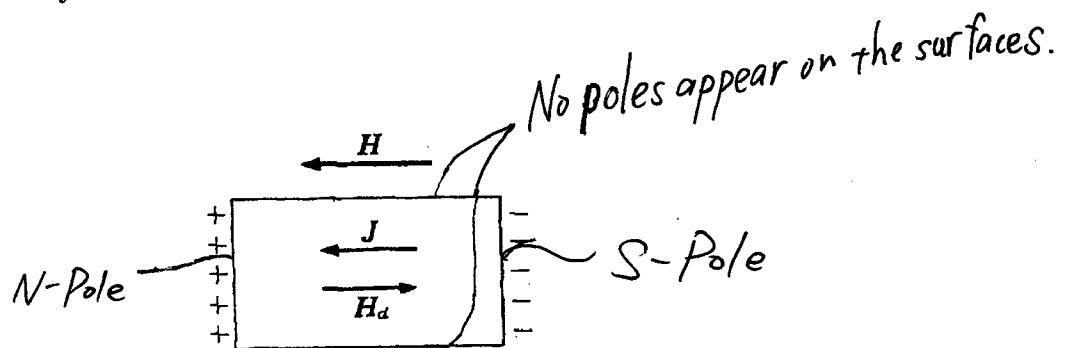


FIG. 1.9 Generation of Magnetic Poles and Anti-Magnetic Field